Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 191- 201

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۲۰۱-۱۹۱

مقایسه اثر دو مدل تیغه لبه صاف و دندانه‌ای(اره‌ای)، بر فرآیند استخراج قند از چغندرقند و کیفیت شربت خام

مریم نقی پورزاده ماهانی[۱]، محمدحسین آق‌خانی[۲*]، خلیل بهزاد[۳]، عباس روحانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۷

چکیده

کیفیت خلال روی عمل اسمز در فرآیند استخراج قند از چغندرقند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. باتوجه به تاثیر لبه تیغه بر پارگی سلول‌های سطح برش، در این مطالعه اثر دو مدل تیغه لبه صاف و لبه اره‌ای با انجام آزمایشات در سه تکرار بر فرایند استخراج مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوش نشان داد نوع تیغه بر درجه خلوص و ماده غیرقندی، جرم ساکاروز در شربت دیفوزیون، درصد قند خارج شده ناشی از برش خلال، قند استخراج شده در دیفوزیون، درجه استخراج قند، بازده تفاله، زمان و انرژی مصرفی در سطح ۵٪ معنی‌دار است. بیشترین درجه خلوص از شربت حاصل از خلال‌های تهیه شده با تیغه صاف ۷۸/۳۳، ۸۴/۸۶ و ۸۵/۵۲ درصد و کمترین مقادیر ماده غیر قندی برای همین تیمار ۰/۱، ۰/۵۵ و ۰/۵۱ درصد به ترتیب برای مراحل شستشوی خلال‌ها، پیش گرم‌کن و دیفوزیون بدست آمد. با استفاده از تیغه لبه اره‌ای قند استخراج شده در اثر برش چغندر ۱۴/۵ درصد، قند استخراج شده در دیفوزیون۴/ ۹۴ درصد، جرم ساکاروز شربت۷/۲۲ گرم و درجه استخراج ۰/۱۹ بدست آمد که این مقادیر نسبت به حالتی که از تیغه لبه صاف برای تهیه خلال استفاده می‌شود؛ بیشتر بدست آمد. همچنین با استفاده از تیغه اره‌ای بازده تفاله پرس شده ۲۸/۹۷ درصد، زمان استخراج به مدت۴۰ دقیقه و انرژی مصرفی ۱/۷ کیلووات بر ساعت بدست آمد که در مقایسه با استفاده از تیغه لبه صاف به‌طور معنی‌داری کمتر بود.

واژه‌های کلیدی: استخراج قند، تیغه، چغندر قند،خلال

مقدمه

با توجه به نیاز روز افزون جوامع بشری به مواد غذایی، تولیدکنندگان در بخش‌های مختلف کشاورزی و صنعتی همواره در تلاشند تا با روش‌های مختلف مانند استفاده از روش‌های نوین، تجهیزات پیشرفته، بهینه‌سازی فرایند تولید علاوه بر کاهش هزینه‌ها، سطح کیفی و کمی تولیدات خود را ارتقا دهند. همچنین توجه ویژه به مراحل مختلف تولید یک محصول و بهینه‌سازی آن، از روش‌های دستیابی به اهداف فوق می‌باشد. صنعت قند و شکر از صنایع قدیمی با سابقه بیش از صد سال در ایران می‌باشد. با توجه به اهمیت این محصول، از دیرباز تلاش‌های بسیاری برای بهره وری و تولید بهتر این محصول انجام شده است بطوریکه طیف وسیعی از مطالعات محققین را از مرحله کاشت چغندرقند تا روش‌های تولید قند و شکر به خود اختصاص داده است. یکی از مراحل اصلی در تولید قند و شکر استخراج ساکاروز از بافت چغندرقند می‌باشد که طبق روش معمول، چغندر به شکل خلال‌هایی تهیه شده و با استفاده از دستگاه دیفوزیون شربت‌گیری انجام می‌شود. اساس استخراج قند از چغندر برپایه انتقال جرم از داخل جسم جامد به مایع است که این پدیده در اثر اختلاف غلظت محلول درون سلول با خلال اتفاق می‌افتد (Asadi, 2007). مواد محلول درون سلولی خلال به تدریج در دمای ۷۰ تا ۷۲ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۷۰ تا ۸۰ دقیقه وارد آب موجود در دستگاه دیفوزیون می‌شوند. عوامل متعددی بر فرایند اسمز اثرگذار می‌باشند که می‌توان به کیفیت خلال، دما، زمان استخراج، مقدار و کیفیت آب مصرفی اشاره کرد (شیخ السلامی، ۱۳۸۲). با توجه به اهمیت مرحله استخراج و اثر مستقیم این مرحله بر بازده تولید، مطالعات متعددی برای رسیدن به حدکثر راندمان و حصول کیفیت بالاتر شربت خام انجام شده است. در مطالعه‌ای کیفیت شربت با اعمال پیش تیمار میدان قوی الکتریکی بر سه نوع خلال چغندرقند (vشکل، استوانه‌ای با قطر یک میلی‌متر و رنده شده با طول۱ یک میلی‌متر) مورد بررسی

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(* - نویسنده مسئول: (Email: aghkhani@um.ac.ir
DOI: 10.22067/ifstrj.v1396i1.57153

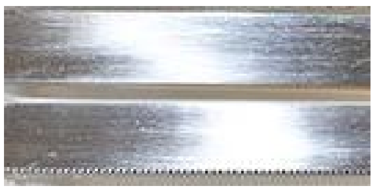
قرار گرفت (Eshtiaghi *et al*., 2002). همچنین اثر پارامتر فیزیکی اندازه‌ی خلال با ضخامت ۱، ۱/۵ و ۳ میلی‌متر بر بازده شربت مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج نشان داد؛ بیشترین سطح بازده شربت از خلال‌هایی با ضخامت ۱میلی‌متر حاصل می‌شود (Praporscic *et al*., 2005). همچنین روش استخراج نیز مورد مطالعه قرار گرفته است که نتایج نشان داده است امکان استخراج قند به روش سرد و با آب معتدل وجود دارد (Jemai and Vorobiev, 2003)، مطالعات مشابهی در این زمینه انجام شده است که در آن بررسی پارامترهای مختلفی از جمله اثر دمای استخراج و پیش تیمار میدان الکتریکی بر انرژی، زمان استخراج و بازده استخراج قند (Lopez *et al*., 2009)، اثر پالس‌های الکتریکی مختلف بر سینتیک استخراج قند (El-Belghiti *et al*., 2005) و اثر دمای استخراج۳۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان استخراج سرد و گرم بر فرایند استخراج (Loginova *et al*., 2011) انجام شده است. همچنین در مطالعه‌ای دیگر سینتیک استخراج در دیفوزیون سرد و گرم نیز با هم مقایسه شد و ضرایب انتشار از بافت چغندرقند در حالت بدون پیش تیمار و با پیش تیمار پالس میدان الکتریکی بررسی شد (Lebovka *et al*., 2007).

در فرایند تولید قند، مرحله استخراج قند در دیفوزیون اهمیت ویژه‌ای دارد. مطالعات متعددی داشته و کیفیت خلال اثر مستقیم بر فرایند اسمز و کیفیت شربت خام دارد. هر چه سطح نسبی خلال بیشتر و سطح تماس خلال با محلول اطراف آن بیشتر باشد؛ اسمز بهتر انجام می‌شود (Schneider, 1968). در حال حاضر در صنعت قند از آسیاب خلال برای تهیه خلال استفاده می‌شود. این آسیاب‌ها مجهز به نوعی تیغه شیاردار است که خلال‌هایی با سطح مقطع V شکل ایجاد می‌کند تا خلال بیشترین سطح تماس را با محلول داشته باشد. بخشی از قند چغندر هنگام تهیه خلال در اثر پارگی سلول‌های سطحی به‌طور مستقیم خارج می‌شود. از آن جا که لبه تیغه اثر مستقیم بر میزان پارگی سلول‌های سطحی دارد، می‌توان گفت پارگی سلول‌های سطحی متاثر از نوع لبه تیغه می‌تواند بر میزان خروج مواد درون سلول‌های سطحی موثر باشد که در نهایت بر راندمان استخراج اثرگذار خواهد بود. همچنین انواع تیغه با لبه‌های مختلف باعث ایجاد سطح نسبی متفاوتی در مسیر برش می‌شود. با توجه به اهمیت سطح نسبی خلال در فرایند اسمز، بررسی این عامل بر فرایند اسمز پیشنهاد شد. از آنجا که سال‌هاست از تیغه‌های شیاردار در آسیاب خلال استفاده می‌شود می‌توان با نگاه ویژه به این مرحله از تولید و بهبود تجهیزات، راندمان تولید را افزایش داد. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر دو نوع تیغه لبه صاف و اره‌ای، بر فرایند استخراج و کیفیت شربت خام می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه خلال

به‌منظور انجام آزمایشات، چغندرقند مورد نیاز از مزرعه دانشگاه فردوسی تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. برای تهیه خلال‌هایی با ضخامت و شکل یکسان دستگاه برشی با قابلیت تغییر تیغه ساخته شد. از دو نوع تیغه با لبه صاف و اره‌ای از جنس استیل، برای تهیه خلال استفاده شد (شکل۱).



شکل۱- تیغه‌ای مورد استفاده الف-لبه صاف ب- لبه اره‌ای

برای تهیه خلال از یک سوم میانی چغندر که حاوی بیشترین میزان قند است؛ استفاده شد. پس از پوست‌گیری چغندرها، خلال‌هایی با ضخامت ۴ میلی‌متر و طول یکسان تهیه شد.

تعیین درصد قند خلال به روش پلاریزاسیون

برای تعیین درصد قند خلال، خلال‌های تهیه شده با هر یک از تیغه‌ها، بطور جداگانه کاملا مخلوط و هموژن شد و سپس ۲۶ گرم از آن با ترازوی دیجیتال مدل SARTORIUS GE1302 با دقت ۰/۰۱ توزین و جدا شد.تعیین درصد قند خلال طبق روش استاندارد با استفاده از پلاریمتر مدل آتاگو ساخت ژاپن، انجام شد (Werner, 1966;Icumsa, 1994)

شستشوی خلال

هنگام تهیه خلال، بخشی از قند چغندر در اثر پارگی سلول‌ها بطور مستقیم خارج می‌شود. به‌منظور بررسی اثر لبه تیغه بر استخراج مستقیم قند از چغندر، لازم بود تا شربتی که در اثر برش خارج شده و روی سطح خلال‌ها قرار گرفته است، جدا شده و مجددا درصد قند خلال تعیین شود. همچنین برای بررسی بهتر اثر لبه تیغه، تعیین درجه خلوص شربت حاصل از شستشوی خلال، الزامی بود. این شربت از مخلوط آب مقطر با شربت روی سطح خلال که در اثر برش و به‌طور مستقیم خارج شده است؛ حاصل می‌شود. برای اعمال شرایط یکسان در تمام تیمارها، عمل شستشوی ۱۶۰ گرم خلال با ۳۲۰ گرم آب مقطر به روش غرقابی طی چند ثانیه آبشویی شد. سپس با یک سبد، خلال و شربت جدا شد. پس از جداسازی کامل شربت از خلال‌ها، ۲۶ گرم از خلال‌های شسته شده و ۲۶ گرم از شربت حاصله، برای تعیین درصد قند، توزین و جدا شد. درصد قند خلال و

درصد قند شربت، طبق روش استاندارد ICUMSA با استفاده از پلاریمتر تعیین شد (Werner,1966).

پیش گرم‌کن

پس از مرحله شستشو، به‌منظور آماده‌سازی خلال‌ها برای استخراج در دیفوزیون، پیش گرم‌کردن آن‌ها طبق روش رایج در صنعت و استاندارد موجود، در دمای ۷۰ درجه و زمان ۷ دقیقه انجام شد (Asadi, 2007:180). در این مرحله ۱۳۰ گرم خلال در ظرفی محتوی ۲۶۰ گرم آب مقطر با دمای ۹۰ درجه ریخته شد تا دمای تعادل مخلوط خلال و شربت به ۷۰ درجه برسد. سپس مخلوط در بن ماری با دمای ۷۰ درجه به مدت ۷ دقیقه قرار گرفت. در پایان، شربت حاصل در این مرحله با سبد از خلال‌ها جدا شد و پس از اینکه دمای شربت با محیط هم دما شد درصد قند آن طبق روش استاندارد تعیین شد (Werner,1966).

استخراج در دیفوزیون

بهترین دما برای استخراج قند در دیفوزیون، دمای ۷۰ تا ۷۳ درجه سانتی‌گراد تعیین شده است (بهزاد و شهیدی نوقابی، ۱۳۹۵). در این مرحله، خلال‌ها در ظرفی حاوی۲۶۰ گرم آب مقطر با دمای ۷۰ درجه در بن ماری با توانkw ۱/۶ مدل (Heraeus) و دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. از آنجا که در این پژوهش زمان استخراج یکی از متغیرهای مورد مطالعه بود استخراج تا زمانی که بریکس شربت ثابت شود ادامه داشت و پس از ثبات بریکس که نشان از توقف عمل اسمز (پایان استخراج) دارد؛ زمان ثبت شد. همچنین بریکس شربت در فواصل زمانی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه تا ثابت شدن بریکس با رفراکتومتر دیجیتال مدل (atago pal-3) اندازه‌گیری شد. پس از آنکه بریکس شربت ثابت و شربت به حالت تعادل رسید و عمل اسمز و استخراج پایان یافت؛ شربت و خلال با استفاده از یک سبد جدا شد. سپس درصد قند شربت حاصل در مراحل مختلف طبق روش استاندارد تعیین شد (Werner,1966; Icumsa, 1994). پس از فرايد استخراج، خلال‌ها با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی تحت فشار ۲ بار به مدت ۱۵ دقیقه پرس شدند. پس از توزین تفاله‌های پرس شده، درصد قند تفاله تعیین شد (Werner, 1966).

محاسبات

بازده استخراج[1]

بازده استخراج معیاری است که برای بررسی روند استخراج استفاده می‌شود. این پارامتر زمانی که عیار چغندرهای مورد استفاده متفاوت است؛ بکار می‌رود (Lo´ pez etal., 2009). در این مطالعه پس از اندازه‌گیری بریکس شربت در زمان‌های مختلف و تعیین بریکس نهایی شربت، بازده استخراج از نسبت بریکس در هر زما (C_t) بر بریکس تعادل (C_∞) طبق رابطه ۱ بدست آمد (Lopez *et al*., 2009).

$$Y_t=(C_t / C_\infty)\times ۱۰۰ \quad (۱)$$

درجه خلوص شربت

در پایان هر یک از مراحل شستشوی خلال، پیش گرم‌کن و دیفوزیون، بریکس و درصد قند شربت حاصل در هر مرحله اندازه‌گیری شد. سپس درجه خلوص شربت که از نسبت درصدقند شربت (S_{juis}) به بریکس (C) بدست می‌آید؛ از رابطه۲ محاسبه شد (Asadi, 2007).

$$Purity(\%) = (S_{juis} / C)\times ۱۰۰ \quad (۲)$$

ماده غیرقندی شربت

در ادامه محاسبات، ماده غیرقندی[2] شربت از تفاضل بریکس (C) ازدرصد قند شربت بر حسب درصد از رابطه ۳ محاسبه شد (Asadi, 2007).

$$NS = C - S_{juis} \quad (۳)$$

درصد قند خارج شده در مرحله تهیه خلال

پس از تهیه خلال‌های هر تیمار، درصد قند آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس خلال‌های هر تیمار شسته شده و مجددا درصد قند آن‌ها اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج بدست آمده، درصد قند خارج شده در اثر برش از رابطه ۴ محاسبه شد.

$$H = ((S_c - S_w)/ S_c)\times ۱۰۰ \quad (۴)$$

که در این رابطه S_c درصد قند خلال، S_w درصد قند خلال بعد از شستشوی خلال‌ها می‌باشد.

جرم ساکاروز استخراج شده در دیفوزیون

پس از پایان مرحله استخراج جرم ساکاروز استخراج شده در مرحله استخراج در دیفوزیون از رابطه ۵ محاسبه شد (Eshtiaghi *et al*., 2002).

$$extracted\ sucrose\ (g) = (S_w \times W_j)\times ۱۰۰ \quad (۵)$$

در این رابطه، W_j وزن شربت(g) و S_w درصد قند خلال بعد از شستشو می‌باشد.

۱Extraction Efficiency

۲ Non sucrose material

قند استخراج شده در اثر اسمز

پس از عمل دیفوزیون و جداسازی خلال از شربت، خلال‌ها پرس پس از وزن گیری درصد قند آن‌ها تعیین شد.سپس درصد قند استخراج شده که ارتباط بین قند بدست آمده از تفاله پرس شده و قند موجود در خلال را بیان می‌کند و از رابطه ۶ قابل محاسبه شد (Eshtiaghi *et al.*, 2002).

$$((S_w\times W_c - S_p\times W_p) / S_w\times W_c)\times ۱۰۰ \qquad (۶)$$

در این رابطه، W_c وزن خلال مصرفی و W_p وزن تفاله پرس شده (g) و S_p در صد قند تفاله پرس شده می‌باشد.

بازده تفاله پرس شده

پس از پرس تفاله در هر تیمار و توزین آن، بازده جرمی تفاله که مبین انتقال جرم از خلال‌چغندرقند بوده و از نسبت جرم تفاله پرس شده (W_p) به جرم چغندر مصرفی (W_c) محاسبه می‌شود طبق رابطه ۷ بدست آمد (بابنیک و همکاران،۱۳۸۳).

$$Y_p=(W_p /W_c) \times ۱۰۰ \qquad (۷)$$

درجه استخراج[۳]

پس از پایان استخراج و پرس تفاله درصد قند تفاله اندازه‌گیری شد. سپس درجه استخراج که معرف ظرفیت استخراج است و نسبت قند تفاله پرس شده (S_p) را به قند موجود در خلال قبل از استخراج (S_c) بیان می‌کند با استفاده از رابطه ۸ محاسبه شد (Eshtiaghi *et al.*, 2002).

$$\text{Degree Extraction}= S_p /S_c \qquad (۸)$$

انرژی مصرفی

در این پژوهش انرژی مصرفی در استخراج قند، با استفاده از توان مصرفی بن‌ماری و زمان مراحل پیش گرم‌کن و دیفوزیون که در آن استخراج صورت گرفته است؛ طبق رابطه ۹ بدست آمد.

$$E =P\times t \qquad (۹)$$

در این رابطه، P توان بن ماری (kW) و t زمان(h) است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

پس از انجام آزمایشات و محاسبات، نتایج با آزمون مقایسه میانگین دو گروه مستقل با نرم‌افزار minitab17 تجزیه و تحلیل شد و نمودارها در excel رسم شد.

[۳] Degree of extraction

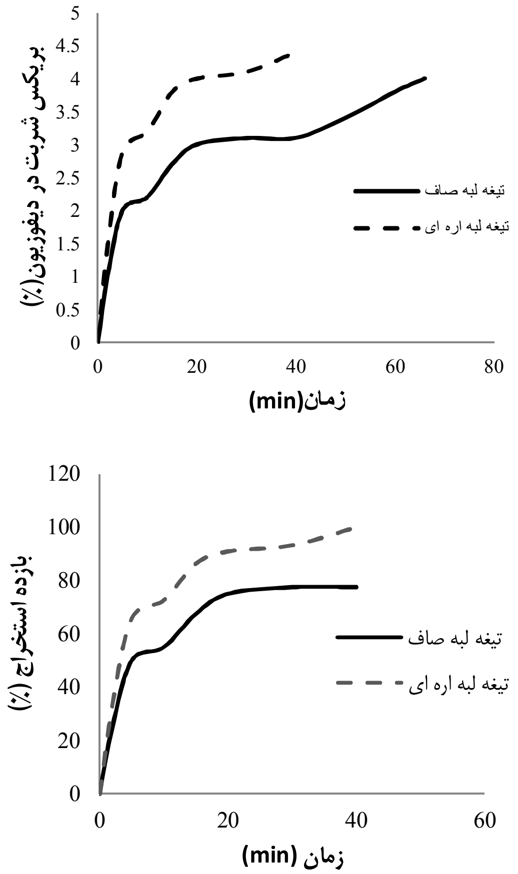
نتایج و بحث

سینتیک استخراج

با تعیین بریکس در زمان‌های متوالی در مرحله استخراج، روند تغییرات بریکس محلول و بازده بررسی شد (شکل۲).

الف

ب



شکل۲- نمودار تغییرات بازده و بریکس شربت نسبت به زمان استخراج در دیفوزیون الف) تغییرات بریکس نسبت به زمان استخراج ب)تغییرات بازده استخراجنسبت به زمان

نتایج نشان داد در شروع عمل اسمز استخراج سریعتر انجام می‌شود و به تدریج با کاهش اختلاف غلظت محلول و مواد درون سلولی از سرعت آن کاسته می‌شود. در شروع عمل اسمز به دلیل اختلاف غلظت بیشتر بین محلول و مواد درون سلولی سرعت انتقال جرم سریع‌تر انجام می‌شود. با گذشت زمان و کاهش اختلاف غلظت سرعت استخراج کم شده و زمانی که محلول به تعادل رسید انتقال جرم متوقف و استخراج پایان می‌یابد. در مقایسه روند استخراج از خلال‌های تهیه شده با دو نوع تیغه، نتایج نشان داد در خلال‌های تهیه شده با تیغه لبه اره‌ای بریکس شربت در زمان کوتاهتر و در مدت

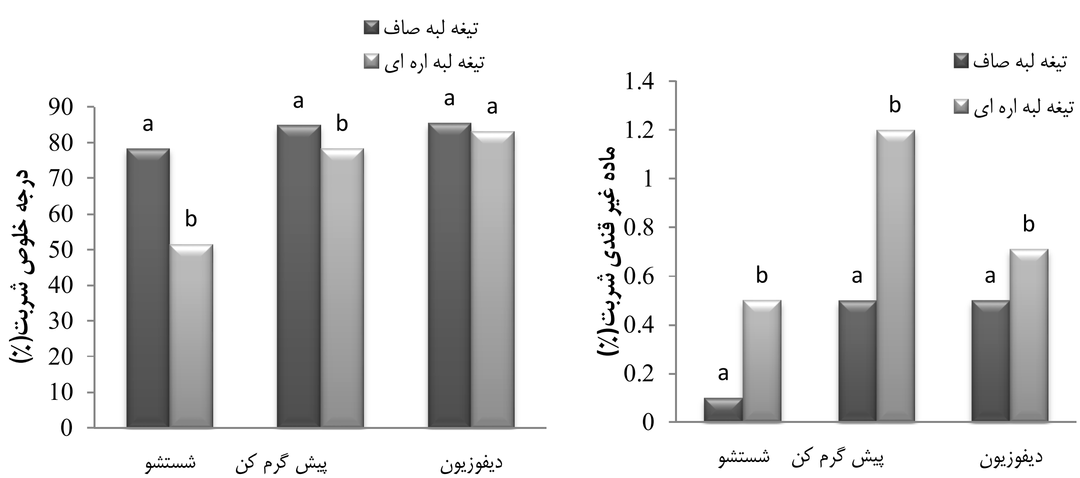
زمان ۴۰ دقیقه به تعادل رسیده است و در تیمار دیگر پس از ۶۶ دقیقه استخراج پایان می‌یابد (شکل ۲–a). پس از پایان استخراج بازده استخراج در زمان‌های مختلف با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد. بررسی تغییرات بازده محلول در مدت۴۰ دقیقه نشان داد در زمان‌های مختلف بازده محلول حاصل از خلال‌های تهیه شده با تیغه لبه اره‌ای بیشتر از تیمار دیگر می‌باشد به‌طوریکه بازده در شربت حاصل از خلال‌های تهیه شده با تیغه اره‌ای و صاف به ترتیب ۱۰۰ و ۷۷/۵ درصد بدست آمد (شکل۲–b).

اساس تهیه شربت در این مراحل، بر مبنای انتقال جرم از بافت داخلی چغندرقند با پدیده‌ی اسمز می‌باشد. عوامل متعددی برکیفیت عمل اسمز اثرگذار است که همانطور که اشاره شد یکی از مهمترین آن‌ها سطح تماس جسم جامد با مایع است به‌طوری که هرچه سطح تماس بیشتر باشد عمل اسمز و استخراج بهتر انجام می‌شود (Schneider, 1968; Asadi, 2007). تیغه‌های لبه اره‌ای با ایجاد شیارهایی در سطح برش باعث افزایش نسبت سطح به حجم خلال می‌شوند که در مقایسه با خلال‌های تهیه شده با تیغه لبه صاف سطح تماس بیشتری با محلول دارد که در نتیجه مواد بیشتری وارد محلول می‌شود که افزایش میزان بریکس و در صد قند محلول را به دنبال دارد. در خلال‌های تهیه شده با تیغه اره‌ای عمل اسمز بهتر انجام شده و انتقال جرم سریع‌تر و در زمان کمتری انجام می‌شود که در نهایت باعث افزایش بازده محلول می‌شود.

درجه خلوص شربت

پس از محاسبه و تعیین درجه خلوص شربت حاصل از شستشوی خلال، شربت حاصل در مرحله پیش گرم کن و شربت مرحله دیفوزیون، نتایج تجزیه و تحلیل شد. یافته‌ها نشان می دهد در شرایطی که از تیغه لبه صاف برای تهیه خلال استفاده شود؛ شربتدارای درجه خلوص بالاتری است (شکل۳–a). در مرحله شستشوی خلال، درجه خلوص شربت حاصل از خلال‌های تهیه شده با تیغه لبه صاف ۷۸/۳۳ درصد و برای خلال‌های تهیه شده با تیغه اره‌ای ۵۱/۵۲ درصد دست آمد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان می‌دهد که در مقادیر بدست آمده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ وجود دارد که این امر، مبین اثر لبه تیغه بر کیفیت شربت حاصل در این مرحله است.شربت از مواد قندی و غیرقندی تشکیل شده است و هر چه درصد مواد غیرقندی کمتر باشد شربت خالص‌تر و کیفیت آن بالاتر است. در صنعت همواره تلاش بر این است که شربت بالاترین درجه خلوص را داشته باشد. پارگی سلول‌ها ناشی از لبه تیغه باعث ورود مستقیم مواد قندی و غیرقندی به شربت می‌شود که افزایش بریکس شربت را به دنبال دارد. در این مرحله شربت به‌طور مستقیم و بدون عمل اسمز، در اثر پارگی سلول‌های سطحی خارج می‌شود. تیغه‌های لبه اره‌ای علاوه بر اینکه سطح برش بیشتری نسبت به تیغه‌های لبه صاف ایجاد می‌کنند؛ به دلیل شکل لبه آن پارگی سلولی بیشتری در سطح برش ایجاد می‌کنند. این امر باعث افزایش ورود مواد درون سلولی و غیرقندی به شربت و کاهش درجه خلوص شربت می‌شود.

در مرحله پیش گرم‌کن پرده نیمه تراوا تخریب شده و عمل استخراج به روش اسمز شروع می‌شود. درجه خلوص شربت در این مرحله برای شربت حاصل از خلال‌های تهیه شده با تیغه لبه صاف و اره‌ای به ترتیب ۸۴/۸۶ و ۷۸/۳۹ درصد بدست آمد.



(ب) (الف)

شکل۳- بررسی اثر لبه تیغه بر متغرهای مورد مطالعه الف) درجه خلوص شربت ب) ماده غیرقندی شربت در مراحل مختلف

اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهد که نوع لبه تیغه بر درجه خلوص در این مرحله اثرگذار است (P<۰/۰۵) (شکل۳-a). در مرحله پیش گرم‌کردن استخراج با عمل اسمز شروع می‌شود. در شروع مرحله استخراج ابتدا مواد قندی از سلول خارج شده و پس از آن مواد غیرقندی وارد شربت می‌شود (Autorenkollektiv, 1984). از آنجا که سرعت عمل اسمز در خلال‌های تهیه شده با تیغه اره‌ای به دلیل سطح نسبی بزرگتر، بیشتر است؛ استخراج با شتاب بیشتری انجام می‌شود و در مدت زمان یکسان، این تیمار سریعتر وارد فاز خروج مواد غیر قندی شده و مواد غیر قندی بیشتری وارد شربت می‌شود که نتیجه آن کاهش درجه خلوص شربت است.

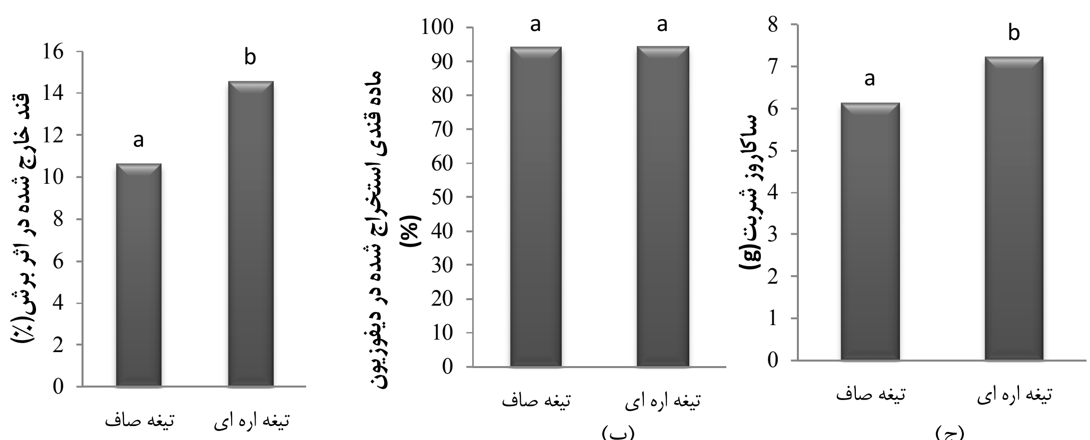
پس از اعمال پیش گرم‌کن به‌منظور ادامه استخراج، خلال‌ها وارد مرحله اصلی دیفوزیون شد. درجه خلوص شربت حاصل از این مرحلهاز خلال‌های تهیه شده با تیغه لبه صاف و اره‌ای به ترتیب ۸۵/۵۲ و ۸۳/۲ درصد بدست آمد. در این مرحله، استخراج از سلول‌های بافت میانی خلال‌ها انجام می‌شود بنابراین پارگی سلول‌های سطحی، تأثیر معنی‌داری بر درجه خلوص شربت ندارد (شکل۳-a).

مواد غیر قندی شربت

پس از تعیین بریکس و درصد قند شربت در هر مرحله میزان مواد غیر قندی محاسبه و با آزمون مقایسه میانگین آنالیز شد. بررسی نتایج نشان داد مواد غیرقندی شربت حاصل از خلال‌هایی که با تیغه اره‌ای تهیه شده‌اند، به‌صورت معنی‌داری در سطح ۵٪ بیشتر است (شکل۳-b).کمترین مقادیر مواد غیرقندی برای شربت حاصل از خلال‌های برش خورده با تیغه صاف ۰/۱، ۰/۵۵ و ۰/۵۱ درصد به‌ترتیب برای مراحل شستشو، پیش گرم‌کن و دیفوزیون بدست آمد. همچنین مواد غیرقندی در شربت حاصل از خلال‌های تهیه شده با تیغه اره‌ای در سطحی بالاتر به میزان ۰/۵، ۱/۲ و ۰/۷۱ درصد به ترتیب برای مراحل شستشو، پیش گرم و دیفوزیون بدست آمد. هر چه میزان مواد غیرقندی شربت کمتر باشد کیفیت و درجه خلوص شربت بالاتر است. در مرحله شستشو، پارگی سلولی بیشتر در استفاده از تیغه اره‌ای باعث افزایش ورود مواد غیرقندی به شربت و کاهش کیفیت و خلوص آن می‌شود. استفاده از این تیغه باعث می‌شود عمل اسمز در مراحل پیش گرم‌کن و دیفوزیون سریع‌تر انجام می‌شود. افزایش سرعت اسمز باعث می‌شود خلال‌ها سریع‌تر وارد فاز خروج مواد غیرقندی به شربت شوند بنابراین در زمان ثابت ورود مواد غیرقندی از خلال‌های تهیه شده با تیغه اره‌ای به شربت بیشتر از تیمار دیگر می‌باشد که در نهایت باعث کاهش درجه خلوص شربت می‌شود.

قند استخراج شده در اثر برش

پس از تعیین درصد قند خلال قبل و بعد از شستشو، درصد قند استخراج شده با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد. نتایج نشان داد در مرحله تهیه خلال لبه تیغه بر میزان قند استخراج شده از چغندر قند اثر گذار است و استفاده از تیغه‌های لبه اره‌ای میزان استخراج قند در مرحله برش را بطور معنی‌داری افزایش می‌دهد (P<۰/۰۵) (شکل۴-a).



شکل٤- اثرات لبه تیغه بر متغیرهای مورد مطالعه الف) قند استخراج شده در مرحله برش، ب) ماده قندی استخراج شده در دیفوزیون ج) جرم ساکاروز شربت حاصل از دیفوزیون

با استفاده از این نوع تیغه ۱۴/۵ درصد قند چغندرقند در مرحله تهیه خلال استخراج می‌شود و در برش با تیغه لبه صاف ۱۰/۶۲ درصد قند خلال خارج می‌شود. همانطور که قبلا اشاره شد تیغه‌های لبه اره‌ای باعث ایجاد سطح برش بیشتر می‌شود و به دلیل لبه

دندانه‌ای، تخریب و پارگی سلولی بیشتری در سطح برش ایجاد می‌کند که این باعث خروج بیشتر مواد درون سلولی می‌گردد. با توجه به نتیجه بدست آمده، می‌توان گفت با استفاده از این نوع تیغه، بخشی قابل توجه از قند چغندر در مرحله تهیه خلال استخراج می‌شود که این می‌تواند منجر به افزایش بازده تولید شود.

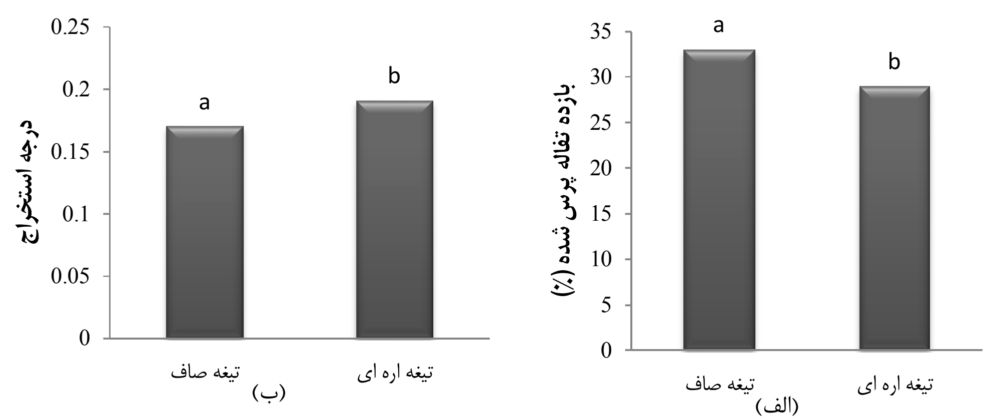
قند استخراج شده در دیفوزیون و ساکاروز شربت

پس از پایان استخراج و پرس خلال‌ها و تعیین درصد قند تفاله‌ها، قند استخراج شده با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد لبه تیغه اثر معنی‌داری در میزان قند استخراج شده در مرحله دیفوزیون ندارد (b-۴). ماده قندی استخراج شده از خلال‌هایی که با تیغه اره‌ای تهیه شدند ۹۴/۴ درصد و از خلال‌هایی که با تیغه صاف تهیه شدند ۹۴/۳ درصد بدست آمد. در حالتی که خلال‌ها با تیغه اره‌ای تهیه می‌شوند؛ قند بیشتری وارد شربت شده و درصد کمتری از قند در تفاله باقی می‌ماند (Eshtiaghi *et al.*, 2002). می‌توان نتیجه گرفت سطح نسبی بیشتر خلال‌های تولید شده با این نوع تیغه باعث افزایش عمل اسمز و در نتیجه درصد بالاتر قند استخراجی می‌شود. هر چند نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار وجود ندارد اما این اختلاف جزئی در صنعت اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا در سطح تولید و با افزایش مقیاس چغندر مصرفی، این اختلافات جزئی اثرات قابل توجهی بر بازده نهایی تولید و سودآوری تولیدکننده خواهد گذاشت؛ بنابراین با توجه به نتایج آماری نمی‌توان از اثر تیغه در سطح تولید چشم‌پوشی کرد.

همچنین نتایج مقایسه میانگین‌های ساکاروز موجود در شربت نشان داد میزان ساکاروز شربت حاصل از خلال‌های تهیه شده با تیغه اره‌ای ۷/۲۲ گرم و بطور معنی‌داری بیشتر است (شکل۴-c). میزان ساکاروز شربت حاصل از خلال‌های تهیه شده با تیغه صاف ۶/۱۳ گرم بدست آمد. افزایش عمل اسمز به دلیل افزایش سطح خلال‌ها می‌باشد که در اثر لبه تیغه ایجاد شده است. بررسی‌ها نشان داده است سطح تماس جامد با مایع بر عمل اسمز اثر گذار است (Schneider, 1968).

بازده تفاله پرس شده و درجه استخراج

پس از پایان استخراج و پرس تفاله و توزین آن‌ها، بازده جرمی تفاله از رابطه ۷ محاسبه شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بازده جرمی تفاله برای خلال‌هایی که با تیغه لبه اره‌ای و لبه صاف تهیه شدند به ترتیب ۲۸/۹۷ و ۳۲/۹۹ درصد بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد لبه تیغه بربازده تفاله پرس شده اثرگذار است و در حالتی که خلال‌ها با تیغه اره‌ای تهیه شوند بازده تفاله بطور معنی‌داری در سطح ۵٪ کمتر خواهد شد (شکل۵-a). همانطور که نتایج پیشین نشان داد عمل اسمز از خلال‌های تهیه شده با تیغه اره‌ای بهتر انجام می‌شود و مواد بیشتری از خلال خارج و وارد محلول می‌شود و با افزایش انتقال جرم از این خلال‌ها جرم نهایی تفاله کمتر خواهد بود.



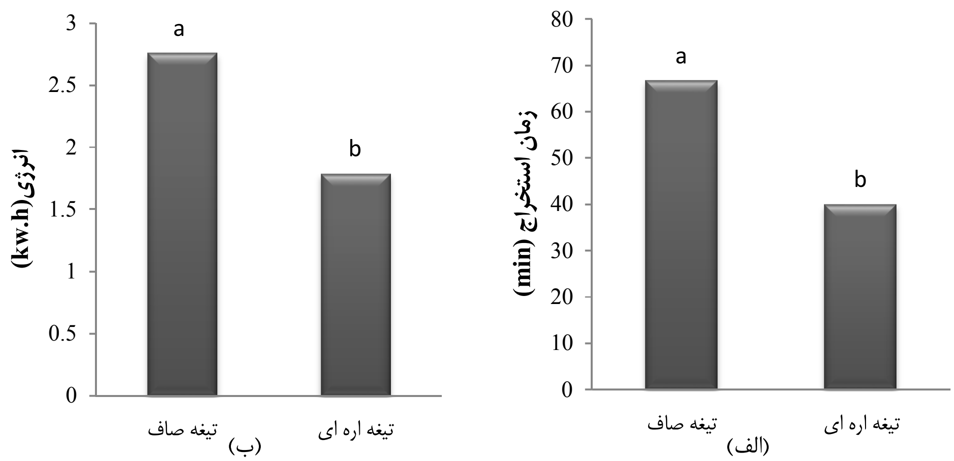
شکل۵-بررسی اثرات تیغه بر متغیرهای مورد مطالعه الف) بازده تفاله پرس شده، ب) درجه استخراج

درجه استخراج، شاخصی برای تعیین ظرفیت استخراج است (Eshtiaghi *et al.*, 2002). سطوح بالای درجه استخراج نشان‌دهنده بالا بودن ظرفیت استخراج و شرایط بهتر این فرایند است. پس از انجام محاسبات درجه استخراج برای تیغه اره‌ای ۰/۱۹ و برای تیغه صاف ۰/۱۷ بدست آمد که اختلاف معنی‌دار آن‌ها در سطح ۵٪، نشان داد لبه تیغه بر درجه استخراج اثرگذار است و تیغه‌های اره ای باعث افزایش ظرفیت و درجه استخراج می‌شود (شکل۵-b). در مطالعه‌ای مشابه اثر متغیر فیزیکی سایز خلال و پیش تیمار میدان الکتریکی بر

درجه استخراج بررسی شد. دراین مطالعه درجه استخراج در محدوده‌ی ۰/۰۲ تا ۰/۵ بدست آمد و نتایج نشان داد اعمال پالس الکتریکی باعث افزایش درجه استخراج می‌شود (Eshtiaghi *et al*., 2002). می‌توان گفت استفاده از تیغه‌های لبه اره‌ای ظرفیت استخراج را به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد که این امر باعث کاهش زمان و انرژی مصرفی در فرایند استخراج می‌شود. همانطور که پیش از این بیان شد بهبود عمل اسمز با افزایش سطح نسبی در خلال‌های تهیه شده با تیغه اره‌ای، باعث می‌شود درصد بالایی از قند خلال وارد شربت شده و قند کمتری در تفاله باقی بماند که افزایش ظرفیت استخراج را به دنبال دارد

زمان و انرژی استخراج

زمان استخراج در فرایند تولید اهمیت بسزایی دارد. هرچه در زمان استخراج کوتاه‌تر باشد انرژی مصرفی کاهش خواهد یافت. بررسی‌ها نشان داد لبه تیغه بر زمان استخراج در سطح ۵ درصد اثر معنی‌دار ایجاد می‌کند (شکل۶-a). استخراج از خلال‌هایی که با تیغه اره‌ای تهیه شدند در مدت۴۰ دقیقه و از خلال‌هایی که با تیغه صاف تهیه شدند در ۶۶ دقیقه انجام شد. همانطور که پیش از این اشاره شد افزایش سرعت عمل اسمز به دلیل سطح بیشتر خلال‌های تهیه شده با تیغه اره ای، باعث می‌شود محلول سریع‌تر به حالت تعادل رسیده و استخراج پایان یابد.



شکل٦- بررسی اثرات لبه تیغه بر متغیرهای الف) زمان استخراج شربت در دیفوزیون ب) انرژی مصرفی

بررسی انرژی مصرفی در دیفوزیون نشان داد؛ لبه تیغه باعث اختلاف معنی‌داری در انرژی مصرفی می‌شود (P<۰/۰۵).انرژی مصرفی برای استخراج قند از خلال‌هایی که با تیغه اره‌ای و صاف تهیه شدند به ترتیب ۱/۷ و ۲/۷۶ کیلووات بر ساعت بدست آمد (شکل۶-b). می‌توان نتیجه گرفت استفاده از تیغه اره‌ای باعث تسریع عمل اسمز و در نهایت کاهش مصرف انرژی در این مرحله دیفوزیون می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد لبه تیغه رفتار متفاوتی در فرایند استخراج ایجاد می‌کند بطوریکه استفاده از تیغه‌ی لبه اره‌ای باعث افزایش شتاب استخراج و بازده محلول شد. همچنین لبه تیغه اثر معنی داری بر درجه خلوص شربت حاصل در مراحل شستشو و پیش گرم کن، بر میزان مواد غیرقندی شربت در تمامی مراحل، قند خارج شده از چغندر در زمان برش، جرم ساکاروز شربت، درجه استخراج، بازده تفاله، زمان استخراج و انرژی مصرفی اثر داشت (P<۰/۰۵).

بیشترین مقادیر درجه خلوص شربت و ماده غیرقندی از خلال‌های تهیه شده با تیغه لبه صاف بدست آمد. این مقادیر برای سه مرحله شستشو خلال، پیش گرم‌کن و دیفوزیون به ترتیب ۷۸/۳۳، ۸۴/۸۶ و۸۵/۵۲ درصد برای درجه خلوص و ۰/۱، ۰/۵۵ و ۰/۵۱ برای ماده غیرقندی بدست آمد. درصد قند استخراج شده در اثر برش چغندر و تهیه خلال با تیغه لبه اره‌ای به میزان ۱۴/۵ درصد بدست آمد. این مقدار نسبت به زمانی که خلال‌ها با تیغه لبه صاف تهیه شوند بااختلافی معنی‌دار بیشتر است. با استفاده از تیغه لبه اره‌ای جرم ساکاروز شربت و درجه استخراج بیشتر از زمانی بود که از تیغه لبه صاف استفاده شد که این مقادیر به ترتیب ۷/۲۲ گرم و ۰/۱۹بدست آمد. استفاده تیغه اره‌ای برای تهیه خلال باعث کاهش ۴ درصدی بازده تفاله، کاهش ۱۶دقیقه‌ای زمان دیفوزیون و کاهش انرژی تا

۱/۰۶ کیلووات بر ساعت شد.

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت هر چند در تیغه‌های اره‌ای زمان اسمز در مقایسه با تیغه صاف کمتر شده است اما کیفیت شربت خام در تمام مراحل، در تیغه صاف بیشتر است. از آنجا که در تیغه‌های نوع صاف زمان بیشتری برای استخراج لازم است؛ برای کاهش زمان باید از دیفوزیون بزرگتر استفاده شود.

منابع

بونیک، زد، کادل، پی، یوربان، دی و برانس، ام، ۱۳۸۳، راهنمای مهندسان صنایع قند.ترجمه حجت الاسلامی، علوم کشاورزی و شرکت فرآورده های غذایی و قند چهارمحال، ۲۷۷.

بهزاد، خ، شهیدی نوقابی، م، ۱۳۹۵، مبانی قندسازی و شربت گیری از چغندرقند(از مزرعه تا استخراج در کارخانه)، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۷۳.

شیخ الاسلامی، ر، ۱۳۸۲، تکنولوژی قند، مولف، تهران، ۱۹۷.

Asadi, M., 2007. Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ.

Autorenkollektiv, 1984. Die zuckerherstellung Verlag VEB Leipzig

El-Belghiti, K., Rabhi, Z., Vorobiev, E., 2005a. Kinetic model of sugar diffusion from sugar beet tissue treated by pulsed electric field. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85, 213–218.

Eshtiaghi, M.N., Knorr, D., 2002. High electric field pulse pretreatment: potential for sugar beet processing. *Journal of Food Engineering* 52, 265–272.

ICUMSA (1994). ICUMSA Method Book. Bartens, Berlin.

Jemai, A. B., Vorobiev, E. 2003. Enhanced Leaching from Sugar Beet Cossettes by Pulsed Electric Field. *Journal ofFood Engineering*, 59, 405–412.

Lebovka, N. I., Shynkaryk, M. V., El-Belghiti, K., Benjelloun, H., Vorobiev, E. 2007. Plasmolysis of Sugarbeet: Pulsed Electric Fields and Thermal Treatment. *Journal of Food Engineering*, 80, 639–644.

Lo´ pez, N., Pue´ rtolas, E., Condo´ n, S., Raso, J., A´ lvarez, A. 2009. Enhancement of the solid-liquid extraction of sucrose from sugar beet (Beta vulgaris) by pulsed electric fields. *Food Science and Technology* 42:1674–1680

Loginova, K.V., Vorobiev, E., Bals, O & Lebovka, N.L., 2011, Pilot study of countercurrent cold and mild heat extraction of sugarfrom sugar beets, assisted by pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, 102, 340–347.

Praporscic, I., Ghnimi, S and Vorobiev, E., 2005. Enhacement of pressing of sugar beet cuts by combined ohmic heating and pulsed electric. *Journal of Food Processing and Preservation* 29, 378–389

Pue´ rtolas, E., Condo´ n, S., Raso, J. & A´ lvarez, I., 2009, Enhancement of the solid-liquid extraction of sucrose from sugar beet (Beta vulgaris) by pulsed electric fields. LWT - *Food Science and Technology*, 42, 1674–1680.

Schneider, F. 1968. Technologie des zuckers. Zweite auflage. Verlag M, H. Schaper Hannover.

Silin, P.M., 1967. Sugar Technology, second ed. Izdatelstvo Pischevaya Promyshlennost, Moskow (in Russian).

Van der Poel, P.W., Schiweck, H., Schwartz, T., 1998. *Sugar Technology*. Beet and Cane Sugar Manufacture. Verlag Dr. Albert Bartens KG, Berlin.

Werner, E., 1966, Zuckertechniker taschenbuch. Berlin.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 191- 201

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۲۰۱-۱۹۱

Study of effect of blade edge on sucrose extraction of sugar beet and quality of raw juice

M. Naghi pourzadeh Mahani[1], M. H. Aghkhani[2*], Kh. Behzad[3], A. Rouhani[4]

Received: 2016.06.29
Accepted: 2017.01.16

Introduction: Conventional technology of sugar production from sugar beet roots consists of the next subsequent steps: sugar beet slicing, thermal denaturation of the sliced beet roots followed by diffusion in hot water at 70–75 _C, purification of extracted juice by lime, concentration of purified juice and crystallization. The diffusion process is one of the most important steps that effect on product yield. The quality of cossettes is too important that increase extraction yield. Therefore the main function of the beet-slicing operation is to improve the diffusion operation. The most important factors in producing quality cossettes are the type of knives. Most knives have a V shape that cause increase of the surface area of the beets. At slicing operation, Amount of the sucrose of beet extract directly. Considering the blade edge causes the rupture of beet cell so it effects on quality of juice and yield of extraction. Also the different blades edge causes different surface areas that effect on osmotic operation. In this work, the effect of two kinds of blades (serrate and flat edge) is studied on extraction process and the juice quality.

Material and method: Fresh sugar beets (Beta vulgaris) were obtained from Ferdowsi university farm and storage at 5C°. For each test run, 300gr of cossette 4mm thickness and 8cm in length were cut by cutting device with ability of blade change. The sucrose content of cossetttes was measured in ICUMSA method. These tests were organized as follows 4 steps. The first step was washing. Considering amount of sucrose of sugar beet extract directly at slicing operation, the decrease of sucrose content of cossettes and the sucrose of washing juice should be measured. For this stage, 120gr of cossettes were washed with 320gr of distilled water. After washing the cossettes, the sucrose content of cossettes was measured again and the decrease of suocrose content of cossettes was calculated and sucrose of washing juice was measured. For the thermal-pretreatment step, 130gr of sugar beet cossettes were treated with 260gr of distilled water 70C° at 7min and the sucrose of thermal-pretreatment juice was measured. In the diffusion step, 130gr of these cossettes were immersed in 260gr of distilled water 73C°. The solute concentration (Brix, g solubles 100 g_1 juice) was measured by digital refractometre (PR-101, Atago, 50 Kyo, Japan) every 5 to 10 min up to equilibrium conditions. The final step was pulp pressing. The pulps were compressed by laboratory press (2 bar) at 15min. following by the pressed pulp was weight then the sucrose content of them was measured. In the following, purity and nonsucrose of juice were determined for washing, thermal-pretreatment and diffusion steps. These parameters were measure in ICUMSA unit which is based on polarimeter method. Also extraction yield of diffusion, mass of extraction sucrose and extraction sucrose at diffusion, pressed pulp yield, extraction degree and energy were calculated. The data were analyzed in 2-sample t-test at minitab17 and the graphs were drew in excel.

Results and discussion The results showed that the edge of the baled had significant effect on the juice purity (washing and thermal-pretreatment steps), non-sucrose content and sucrose of juice, extracted sucrose at cutting operation, extracted sucrose at diffusion, degree of extraction, yield of pulp, time and energy ($P<0.05$). The most juice purity was obtained from flat blade with 78.33%, 84.86% and 85.52% at washing, pretreatment and diffusion steps respectively. Also the least of non-sucrose content was obtained from this blade with 0.1%, 0.55% and 0.51% at washing, pretreatment and diffusion steps respectively. The serrate blade increase the tearing (rupturing) of the beet cells at slicing operation. Torn cells allow more impurities (nonsugars) to be diffused into the surrounding juice, causing an increase in nonsugars and, consequently, a reduction in juice

---

4, 2 and 4. Ph.D candidate, Professor and Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
3. Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture Fculty, Ferdowsi University of Mashhad.
(*Corresponding author: aghkhani@um.ac.ir)

purity. For the serrated blade, The most extracted sucrose at cutting operation and diffusion step, mass of sucrose of diffusion juice and degree of extraction were obtained 14.5%, 94.4%, 7.22 gr and 0.19 respectively that compare to another blade is more. The edge of serrate blade increases the surface aria of cossettes compare to use of flat blade. The surface area is one of the most important parameter to improve osmotic operation. The more contact area between the beet cells and the water in the diffuser cause the more movement of sugar from the cells to the diffusion juice. Therefore the use of the serrate blade improves the osmotic operation and enhances the extracted sucrose. The least of pulp yield, extraction time and energy were obtained 27.97%, 40 min and 1.7 Kw/h respectively for this blade. The increase of sucrose extraction reduces the pulp yield. As regards osmotic operation improve whit the increase of surface area cossettes, therefor the sucrose extract at lees time and the total energy decrease. Regarding to the results, both of blades improve some of the extraction parameters.

Key words: Sucrose Extraction, Cossette, Sugar Beet, Blade